

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



DEELIF

7ième APPEL à MANIFESTATIONS D'INTERET



19/12/2013



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



DEELIF

**Faisabilité d'un démonstrateur à Lit Fluidisé de
moindre impact Energétique et Environnemental
appliqué principalement au traitement thermique**

7ième APPEL à MANIFESTATIONS D'INTERET
(AMI) PROGRAMME TOTAL-ADEME
Efficacité énergétique dans l'industrie



Etat de l'art et identification des marchés en TTH

Veille technologique

Nombreux avantages des lits fluidisés dans le cadre du traitement thermique

- coefficient d'échange thermique
- excellente homogénéité en température
- structure métallurgique conforme
- médias de fluidisation inerte

Limitation du procédé pour les V_c de trempe très élevées

gains énergétiques

- diminution des temps de traitement de 5 à 20 %

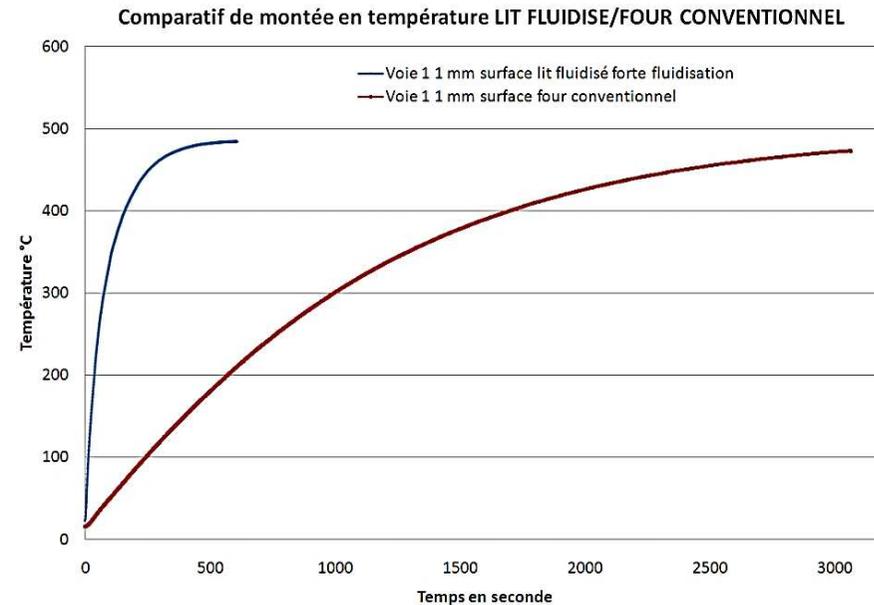
Étude de marché traitement thermique

le LF apporte l'avantage d'une **montée en température plus rapide** du fait de l'excellent coefficient de transfert thermique :

Revenu, détentionnement, recuit, à l'air, ou sous azote. Avantage lors de traitements à paliers multiples

Pour les opérations de trempe, drasticité proche des bains de sels ADI, Bainitique, Revenu alliages légers.

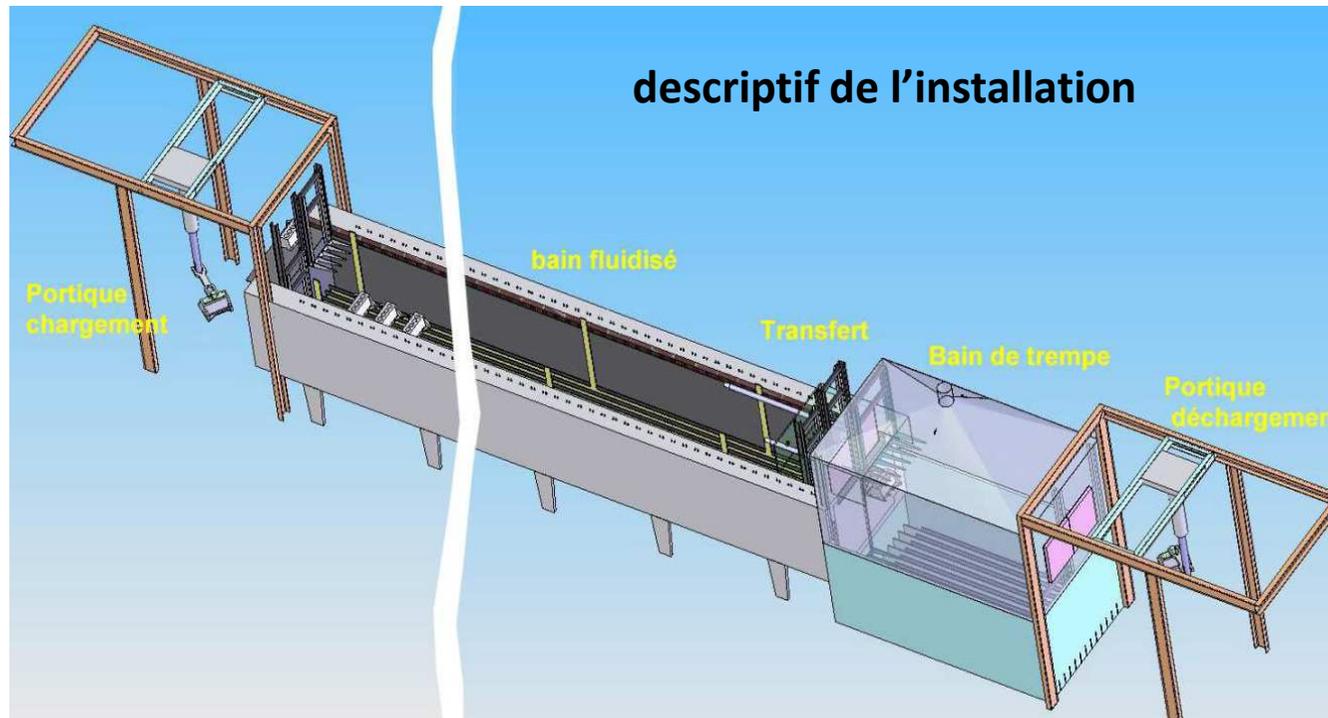
Niches, traitement continu de fil...



Etude de traitement thermique de pièces aluminium

Downsizing des Carters cylindres, AlSi9Cu3(Fe) coulés sous-pression, traitement thermique T6 en lit fluidisé.

480 +/-5°C et Trempe à l'eau à 70 +/-5°C
2800 pièces/jour en 3 x 8



Proposition d'installation à lit fluidisé dans le but De traiter des culasses en Al SiCu3

Etude de traitement thermique de pièces aluminium

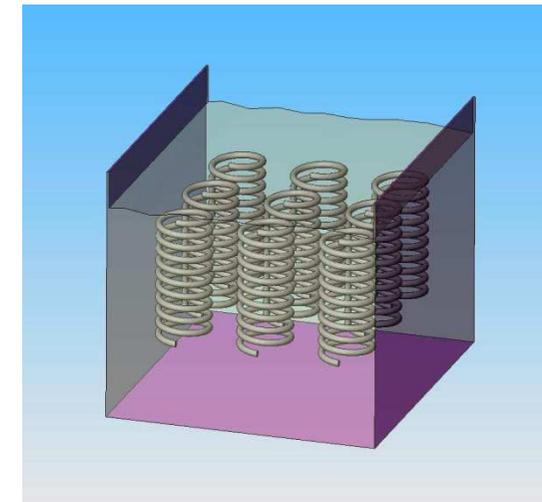
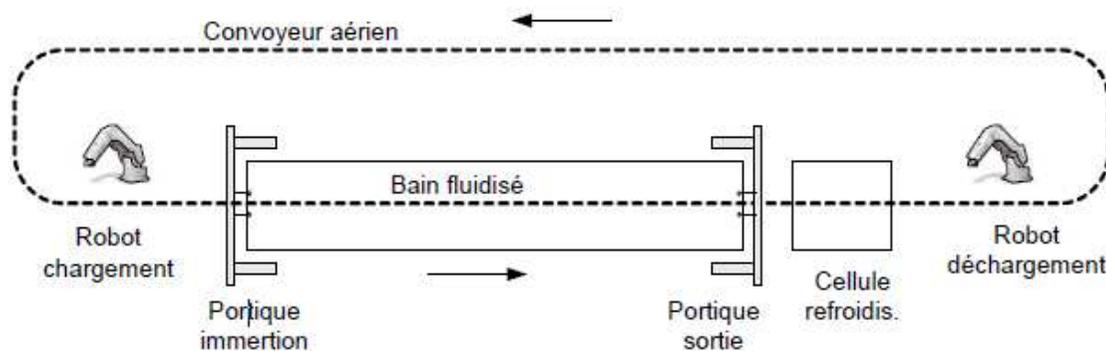
Gains dans le cadre du traitement de pièces aluminium

Pièce aluminium	Temps de cycle de traitement de mise en solution	Consommation kWh/kg de pièce traitée	Gains
Four air chaud	300 min	0,164	-
Four à lit fluidisé	218 min	0,143	13 %

Traitement thermique de détente de ressorts aciers

Essais préliminaires de traitements
thermiques en lits fluidisé avec l'installation de CM2T
Température de maintien : 400°C
Temps de maintien : 1h

Proposition d'installation de traitement de ressorts.
Etude de dimensionnement d'une
installation de traitement en lit fluidisé, SETIA



Gains dans le cadre du traitement thermique de détente de ressorts aciers

Ressort acier	Temps de cycle de traitement de mise en solution	Consommation kWh/ pièce traitée	gains
Four air chaud	15 min	0,394	-
Four à lit fluidisé	4 min	0,105	73 %

Ressort acier	Temps de cycle de traitement de mise en solution	Consommation kWh/ pièce traitée	gains
Four air chaud	15 min	0,394	-
Four à lit fluidisé	4 min	0,105	73 %

Synthèse étude de marché TTH

Les applications se limitent principalement au traitement de trempe et maintien à haute température

Les économies d'énergie restent encore insuffisantes pour provoquer un changement de process par rapport aux traitements conventionnels,

Intérêt évident pour application traitements thermiques d'un point de vue environnemental, (minimisation de déchets).

Seules des grosses fonderies d'aluminium retiennent la technologie :

- Economie d'énergie ou et augmentation des cadences,
- Etudes en préparation

Autres marchés que le TTH

Stabilisation, détente	Assemblage mécanosoudé Inter opération usinage
Préchauffage d'outillage	Plasturgie, aluminium, avant soudage
Traitement de surface	Revêtement épais, minces encres sublimables
Décapage	Moule d'extrusion
Séchage, calcination	Agroalimentaire, minerais...





Autres marchés que le TTH

Décapage

Efficacité correcte, limitation pour les pièces minces (déformations)

Alimentation électrique :

La puissance installée pour le four soit :
24 kW sous 380 V triphasé.

Gaz de fluidisation :

Air comprimé détendu, dépoussiéré,
deshuilé, déshumidifié :

Débit global du four : 20 à 40 m³/h

Pression réglable en fonction des

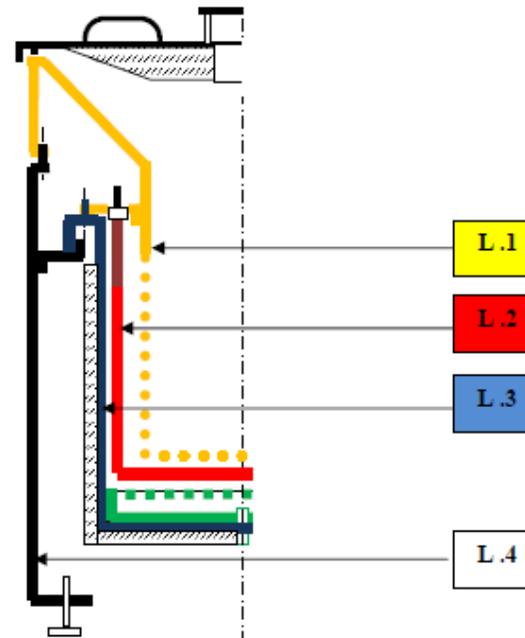
particules de sable choisies:

De 0.2 à 1,5 Bar.

DAM, CMI, TORBEL,

BAIN FLUIDISE « Type L. 30 litres » Température 250°C

PROFILS DES SECTIONS



Synthèse autres marchés que le TTH

Le Lit Fluidisé apparaît capable de s'intégrer dans des domaines nouveaux :

Relaxation de montages mécaniques, en inter-opération d'usinage
Les marchés difficiles à appréhender (de préférence vers les grosses entreprises),
Revêtements (ils peuvent encore se développer et notamment par sublimation)
remplacement des bains de plomb (marché de niche).

Décapage, concurrence avec le décapage chimique, cryogénique...,
le LF est une technologie capable :

- Grand volume possible, récupération d'énergie possible mais les matériaux peuvent être affectés thermiquement,
- Des études approfondies restent à mener pour les effluents gazeux.

Identification et quantification des enjeux énergétiques et environnementaux

Les coefficients d'échange thermique sont décrits par de nombreux auteurs
En fluidisation classique et à la vapeur, les coefficients d'échange thermique obtenus avec les modèles théoriques présentent des grandes variations.

Seul le modèle de Petrie se rapproche des résultats obtenus expérimentalement.

En dégraissage

Suppression des solvants organiques halogénés et non halogénés

En décapage

Suppression des solvants polaires

En traitement thermique

Suppression des nitrates, nitrites, fluorures et cyanures

Plus de séchage, plus de consommation de sels



Etude du stockage d'énergie par lit fluidisé

Refroidir des pièces moulées ou forgées en alliage léger

Sortie d'élaboration

Sortie de TTH

Basse température

Refroidir des pièces moulées ou forgées en alliage ferreux

Après décochage, chaude de forge

Après TTH

Température

Moyenne à haute

Le procédé doit :

- **S'adapter** au Process industriel
- Ne pas affecter les **PM** des pièces

Etude de

Matériaux à changement de phase

conception d'un dispositif expérimental

Etude du stockage d'énergie par lit fluidisé

Les avantages du lit fluidisé :

large plage de température possible

Allant de l'ambiante à plus de 1200°C,

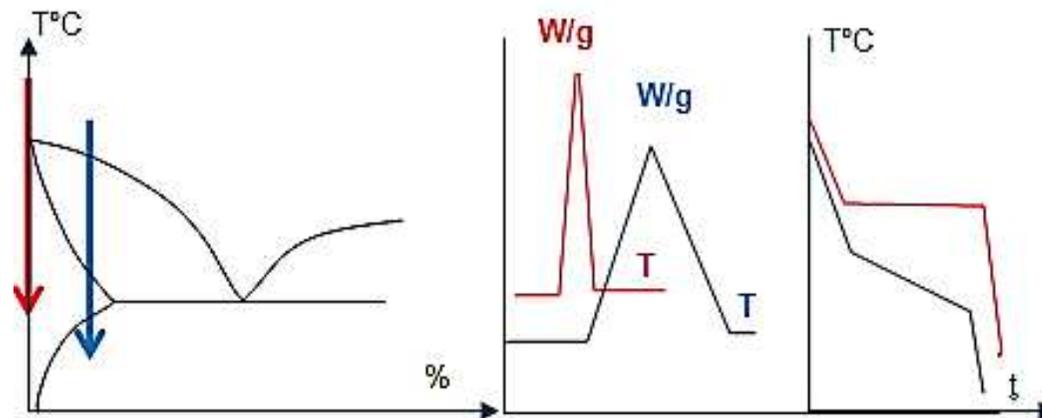
Stockage par

changement de phase (chaleur latente)

chaleur sensible (solide ou liquide)

réaction thermochimique, (chaux vive...)

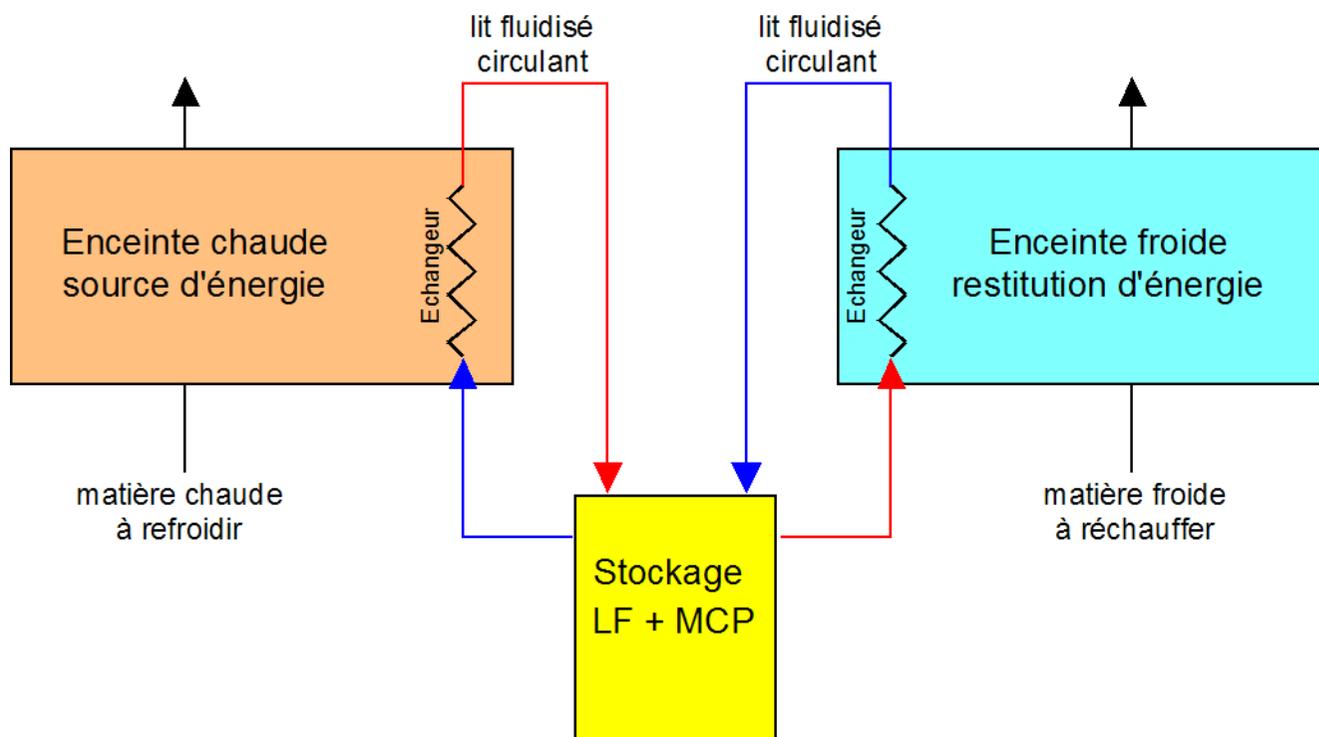
Recherche de matériaux à changement de phase



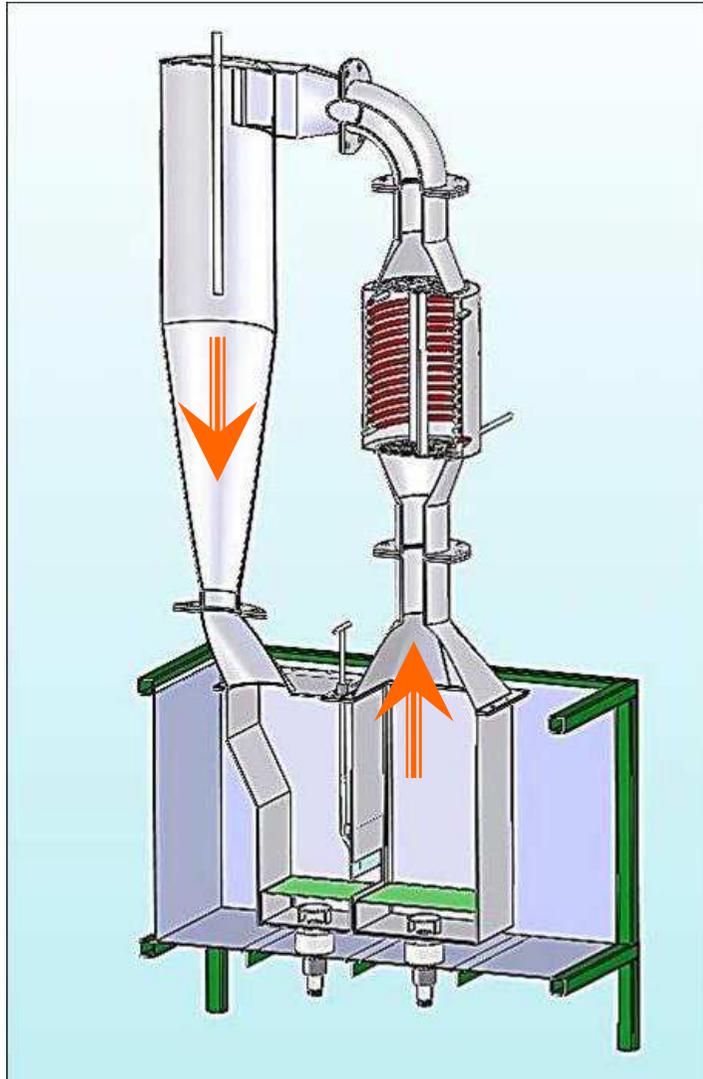
Etude du stockage d'énergie par lit fluidisé

Conception d'un dispositif expérimental

Cdc :

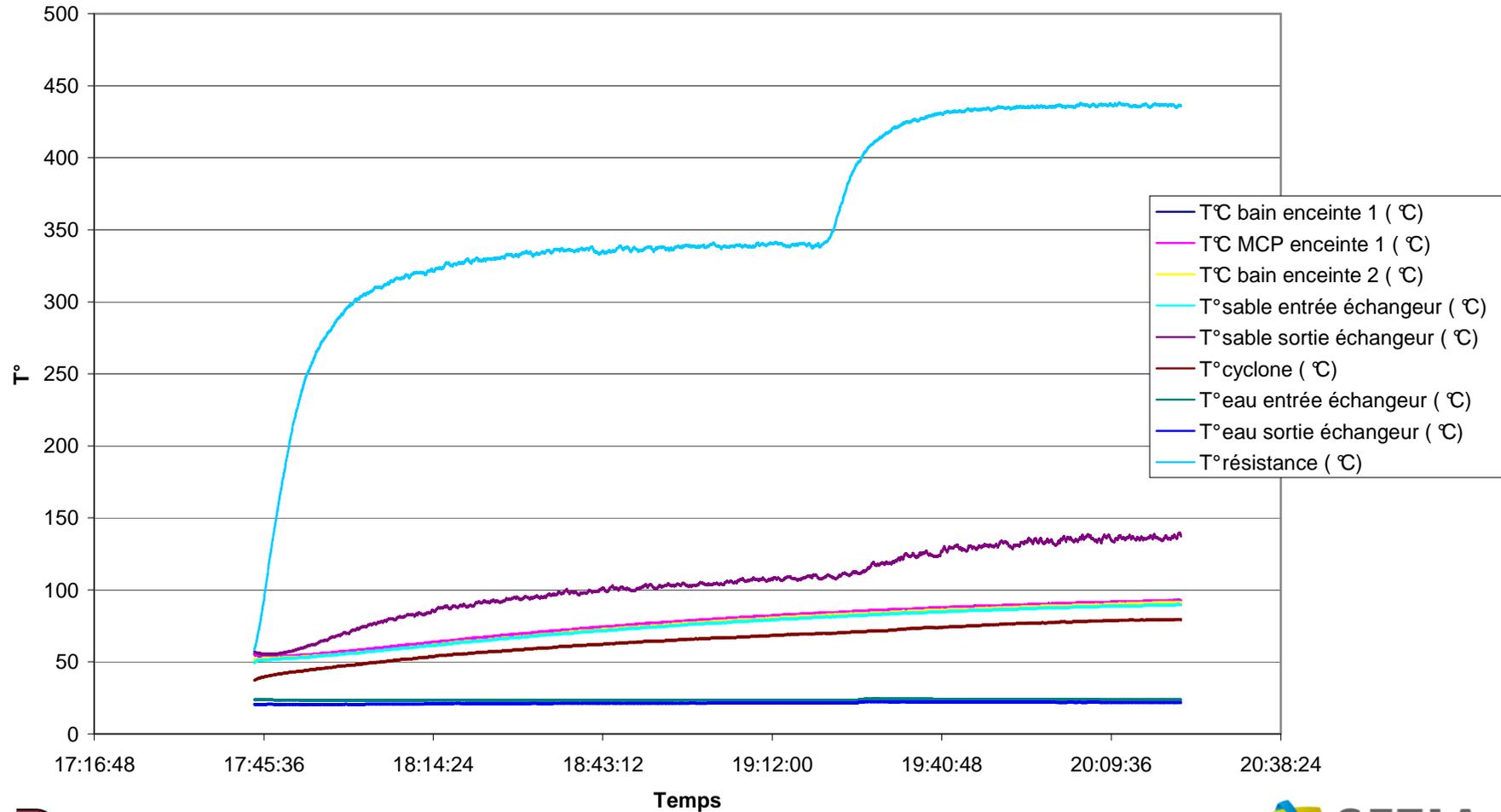


Conception et construction d'un dispositif expérimental de stockage





Montée T° DEELIF



Etude du stockage d'énergie par lit fluidisé, Dispositif expérimental

Configuration de départ :

Sable Zircon et Silice, il est prévu d'autre média (SiC...)
MCP, Zn et Sn, AS 220...

Tests en cours :

Dynamique de la boucle de fluidisation,
Comportement avec la zone de stockage (tubes,
concentration...)

Essais de chauffe, de refroidissement,
Comportement des MCP

Livrable attendu :

Durée et rendement de stockage de l'énergie.
Courbe rendement/temps.
MCP les mieux adaptés.
technologies les mieux adaptées.
coût horaire du stockage en €/J/s, investissement compris

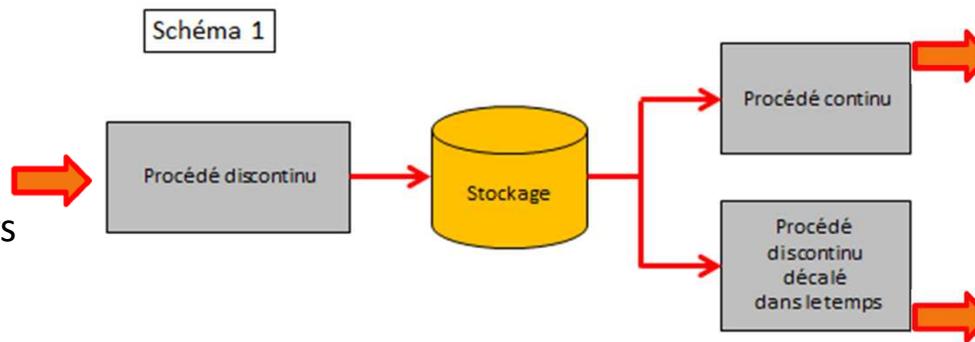


2 CIBLE DES APPLICATIONS VISEES

SIDERURGIE, FONDERIE, FORGE...

On retient le stockage dans le cadre de PROCEDES DISCONTINUS

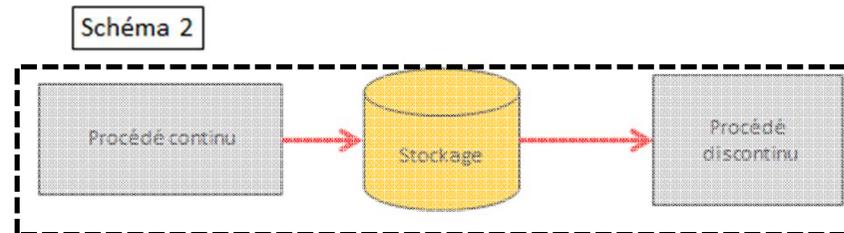
Sortie pièces forge
Moule, décochage,
sortie outillage injection,
crasses affinage, mâchefers
ENR...



Réchauffage des charges de fusion,
Préchauffage En TTH,

Séchage des enduits,
Préchauffage des Outillages,
Serres,

PROCEDES CONTINUS





3 CHOIX DES MATERIAUX EN LIT FLUIDISE

Chaleur sensible
(solide ou liquide)



Sable Alumine, Zircon, Silice, il est prévu d'autre média
(SiC, grenaille...)

*Pertes de 3°C/h
alumine*

600°C	d app	Mj/m3
Alumine	1,73	724
Zircon	2,7	751
silice	1,09	444
grenaille	3,9	1088

Réaction
thermochimique,



A développer

Chaleur Latente
(changement de
phase)



MCP, Zn et Sn, AS 220...
De 120 à 700°C

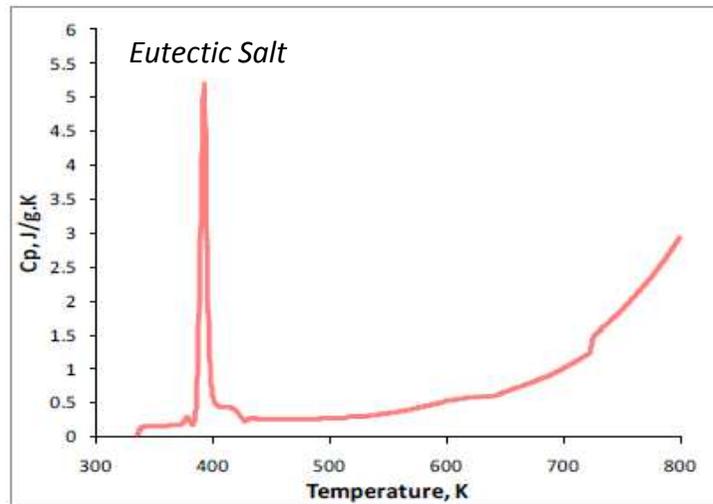
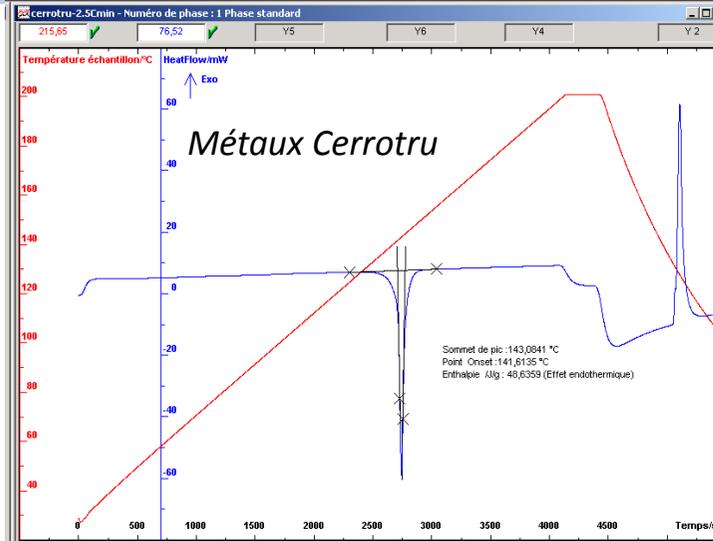
énergie kWh/m3	sable alumine	Sn	KNO ₃
20 -150 °C	43	17	98,6
20 - 250 °C	76	174	174
20 - 333 °C	103	185	393
200 - 450 °C	82	177	345



3CHOIX DES MATERIAUX

Chaleur Latente
(changement de phase)

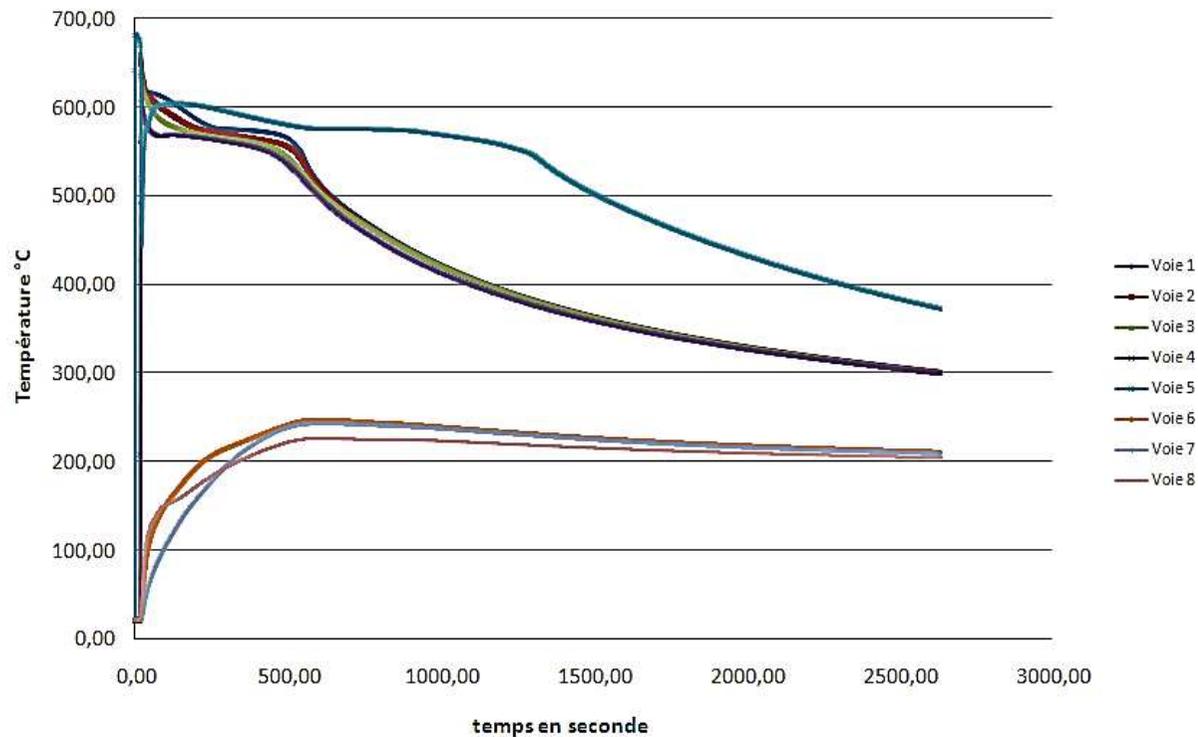
Alliages, corps purs	Tf°C	kWh/m3
158-E	70	83,74
165-NE	165	62,80
Étain	232	119,94
255-E	124	45,38
Bismuth	271	116,59
281-E	138	116,40
302-NE	150	118,18
Cadmium	321	108,25
Plomb	327	72,59
Zinc	420	190,34
Antimoine	630	302,79
Magnésium	649	178,55
Aluminium	660	295,08
Argent	962	300,75
Cuivre	1083	510,79





3 CHOIX DES MATERIAUX

Chaleur Latente (changement de phase), durée de stockage, 30 min



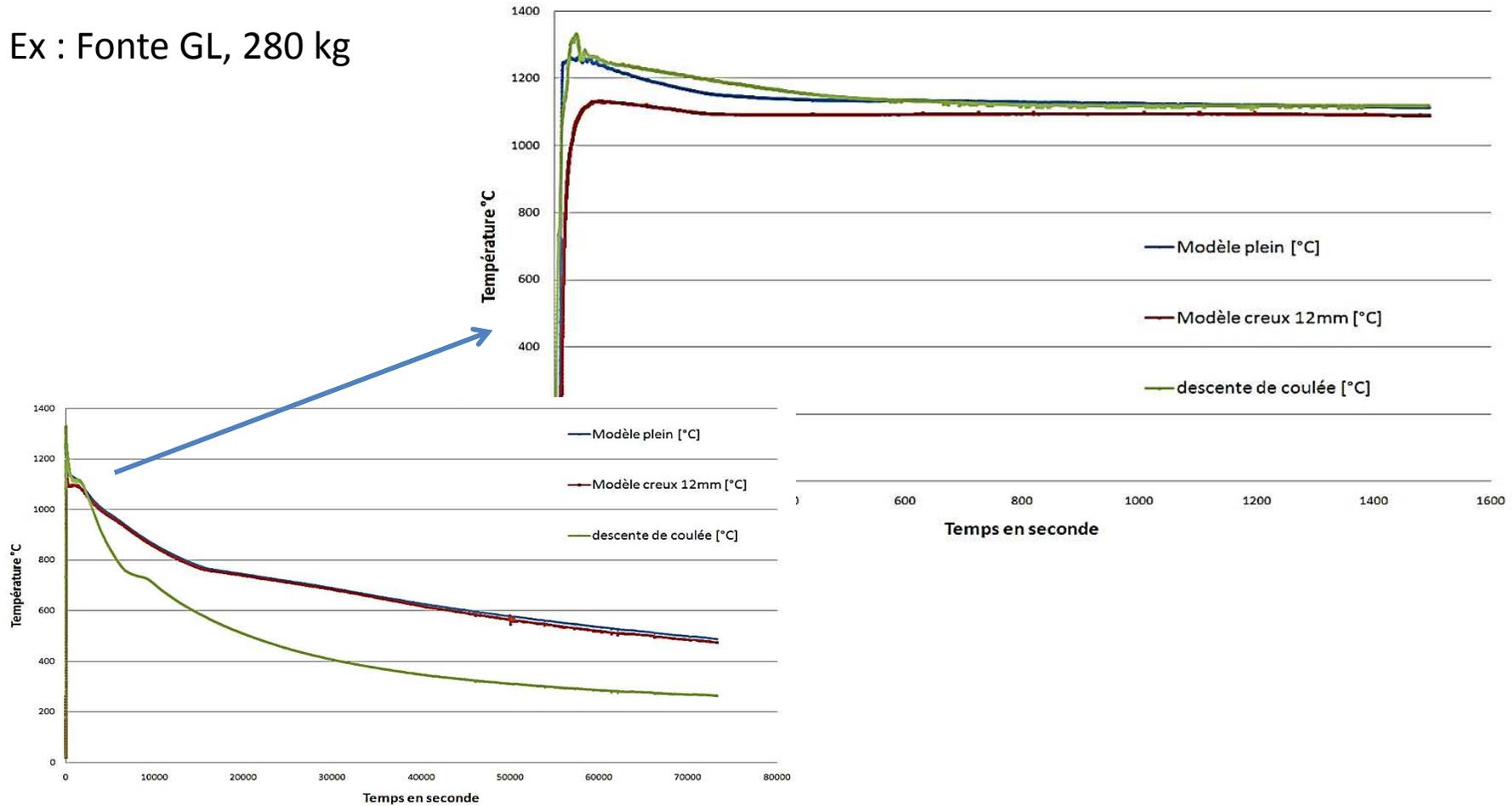
Ex : AS 356, 30 kg



3 CHOIX DES MATERIAUX

Chaleur Latente (changement de phase), durée de stockage, 60 min

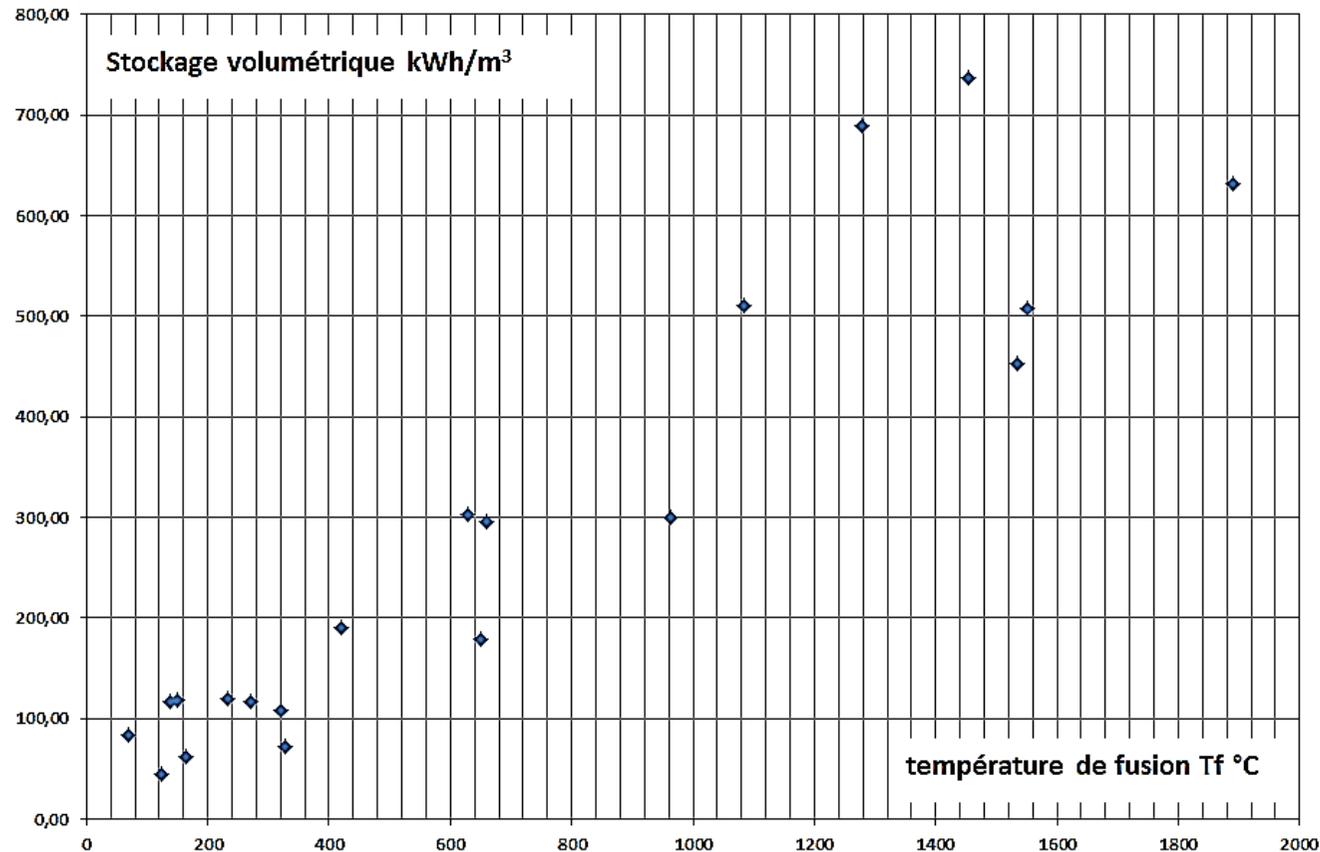
Ex : Fonte GL, 280 kg





3 CHOIX DES MATERIAUX

Recherche de matériaux métalliques à changement de phase

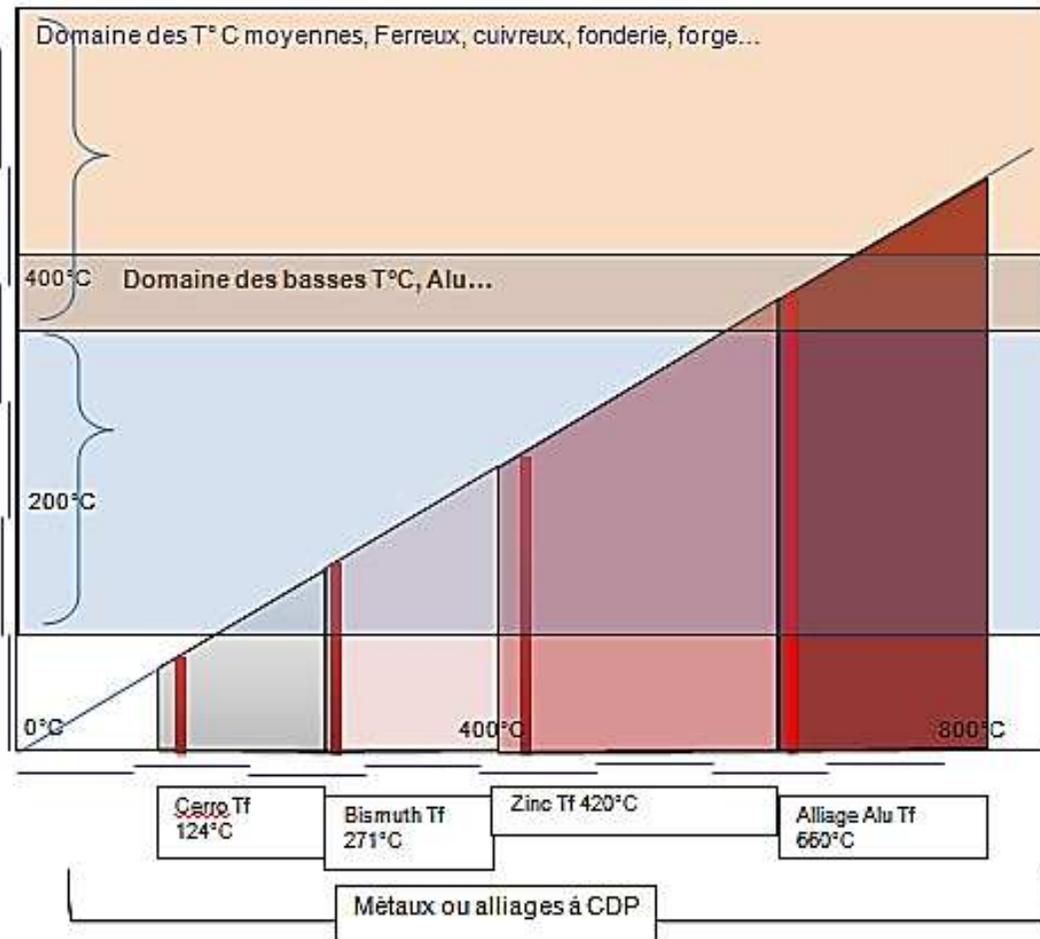


Le stockage volumétrique dépend
De la température de fusion
De l'alliage



3 CHOIX DES MATERIAUX

Recherche de matériaux métalliques à changement de phase



Le choix des matériaux à changement de phase dépend de la température de stockage et donc des pièces issues du procédé



6 Synthèse de l'étude

En TTH l'état de l'art, la veille technologique et l'identification de marchés potentiels a nécessité plus de moyens que prévus.

D'autres application du lit fluidisé ont été détectées, « secteurs de niches ».

Les industriels identifiés au démarrage du programme DEELIF ont malheureusement décliné leur participation aux travaux de la phase 2. (reste le TTH « T6 » avec SJI)

La validation technico-économique d'un démonstrateur a donc été orientée progressivement sur le stockage d'énergie.

1) basse température avec (SAINT JEAN INDUSTRIES, MONTUPET, AFFINAGE DE LORRAINE,...),

2) Moyenne à haute température avec (MANOIR INDUSTRIE, KUHN, LFA, HACHETTE ET DRIOUT, SJI...).

notes